

10/586 088

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 7 月 28 日 (28.07.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/068779 A1

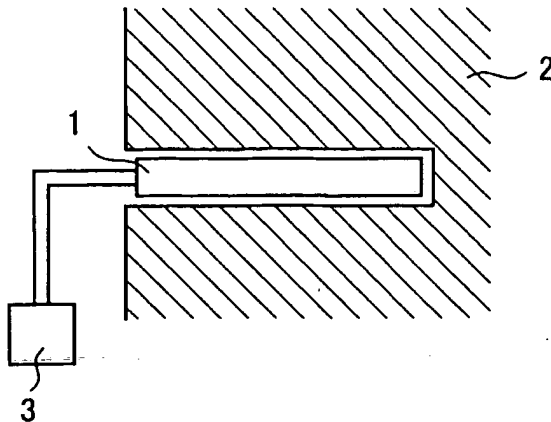
- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: E21D 20/00, C23C 2/06
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/011205
- (22) 国際出願日: 2004 年 7 月 29 日 (29.07.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2004-007046 2004 年 1 月 14 日 (14.01.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日新製鋼株式会社 (NISSHIN STEEL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒100-8366 東京都千代田区丸の内三丁目4番1号 Tokyo (JP). 日新鋼管株式会社 (NISSHIN-KOKAN CO., LTD.) [JP/JP]; 〒104-0042 東京都中央区入船三丁目1番13号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 仲子 武文 (NAKAKO, Takefumi) [JP/JP]; 〒660-0092 兵庫県尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株式会社技術研究所内 Hyogo (JP). 吉田 剛之 (YOSHIDA, Takeyuki) [JP/JP]; 〒660-0092 兵庫県尼崎市鶴町1番地 日新製鋼株

- 式会社技術研究所内 Hyogo (JP). 松原 茂雄 (MAT-SUBARA, Shigeo) [JP/JP]; 〒100-8366 東京都千代田区丸の内三丁目4番1号 日新製鋼株式会社技術研究所内 Tokyo (JP). 橘高 敏晴 (KITAKA, Toshiharu) [JP/JP]; 〒104-0042 東京都中央区入船三丁目1番13号 日新鋼管株式会社内 Tokyo (JP). 金澤 宏樹 (KANAZAWA, Hiroki) [JP/JP]; 〒104-0042 東京都中央区入船三丁目1番13号 日新鋼管株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 小倉 亘, 外 (OGURA, Wataru et al.); 〒171-0043 東京都豊島区要町三丁目23番7号 大野千川ビル201 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,

[続葉有]

(54) Title: LOCK BOLT OF HIGH STRENGTH STEEL PIPE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

(54) 発明の名称: 高耐力鋼管製ロックボルト及びその製造方法



(57) Abstract: A lock bolt of a high strength steel pipe, wherein an expansion type lock bolt body is formed of a deformed pipe manufactured by using, as a raw material, a high tension steel plate having a tensile strength of 490 to 640 N/mm<sup>2</sup>, an elongation of 20% or more, and a plate thickness of 1.8 to 2.3 mm and having a single or a plurality of recessed parts extending in the axial direction of the deformed pipe. Since the high tension steel plate is used in the lock bolt, sufficient strength can be secured for the lock bolt though the steel plate is thin, and cracking due to stains introduced in a molding process, a both end shrinkage process, and a pressurizing/expanding process can be suppressed. Since an expansion start pressure when a pressurized fluid is press-fitted and inflated is also low, a time in which the expansion/deformation is completed can be shortened and workability can also be improved.

(57) 要約: 引張強さ:490~640N/mm<sup>2</sup>,伸び:20%以上,板厚:1.8~2.3mmの高張力鋼板を素材とし、単数又は複数の凹部が管軸方向に延びている異形管で膨張型のロックボルト本体が構成されている高耐力鋼管製ロックボルトである。高張力鋼板の使用により、薄くても十分な強度が確保され、成形過程、両端部の縮管過程、加圧・膨張過程で導入される歪みに起因する割れが抑えられる。加圧流体を圧入して膨張させるときの膨張開始圧力も低いため、膨張変形完了までの時間が短縮され、作業性も向上する。

WO 2005/068779 A1



SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

### 高耐力鋼管製ロックボルト及びその製造方法

#### 5 技術分野

本発明は、圧入流体の圧力で異形管を半径方向に膨張させることにより地盤又は岩盤に固結される高耐力鋼管製ロックボルト及びその製造方法に関する。

#### 背景技術

- 10 膨張によって地盤又は岩盤に固結される鋼管製ロックボルトは、軸方向に沿って単数又は複数の膨張用凹部をもつ中空異形管から製造されている。鋼管製ロックボルト 1 は、端部が密封されており、岩盤又は地盤 2 に穿ったボルト挿入孔に挿し込まれる（図 1）。鋼管製ロックボルト 1 は、未膨張の状態（図 2 A）ではボルト挿入孔の内壁との間に隙間があるが、加圧流体供給源 3 から流体圧を  
15 加えると膨張し（図 2 B）、最終的にはボルト挿入孔の内壁に密着（図 2 C）することにより、岩盤又は地盤 2 が補強される。

- 流体圧で膨張しやすくするため、管軸方向に延びる凹部 4 が形成された異形管が使用されている。異形管は、先端、後端が密封され、側面に加圧流体圧入孔が形成されている。加圧流体の圧入を容易にするため、両端にスリーブを被着し  
20 た異形管も知られている（特表 2003-510573 号公報）。

- トンネル等の施工現場では、作業工程を標準化し全体としてのコストを節減する上で、同一サイズで複数のボルト挿入孔を岩盤又は地盤 2 に穿ち、同じ外径の鋼管製ロックボルト 1 を使用する場合が多い。たとえば、外径：54mm の素管から作製した凹部 4 のある外径：36mm の異形管を内径：45～50mm のボルト  
25 ト挿入孔に挿し込み、流体圧で膨張させることにより岩盤又は地盤 2 に固結している。

膨張型の鋼管製ロックボルトは、地山条件、地山等級、トンネル断面形状等に応じて耐力レベル 110kN 級又は 170kN 級と使い分けられている。110kN 級は引張強さ：300N/mm<sup>2</sup> 以上、伸び：30%、板厚：2mm の鋼板を、170kN 級は

引張強さ：300N/mm<sup>2</sup> 以上，伸び：35%，板厚：3mm の鋼板を素材とし、何れも外径：54mm の丸パイプに造管した後で、凹部 4 を付けた外径：36mm の異形管に成形している。

異形管は、図 2A の断面にみられるように、部分的には小さな曲げ半径で曲げ加工されている。外径寸法を揃えた異形管では、厚い素材鋼板を使用するほど板厚中心部の曲げ半径が小さくなる。また、内径、外径のサイズが統一されたスリーブに異形管の端部を収容させることから、異形管の両端部が更に縮管加工される。縮管加工でも、素材鋼板が厚いほど曲げ半径が小さくなる。すなわち、スリーブのサイズや異形管の外径を変更することなく、ロックボルトの耐力向上のために使用される素材鋼板が厚くなるほど曲げ半径が局部的に小さくなる。

素材鋼板には、異形断面への成形過程，両端部の縮管過程で歪みが導入される。流体圧で異形管を膨張させる際にも歪みが蓄積される。そのため、異形管を更に膨張させようとするとき、歪みの追加導入により割れやすくなる。割れ発生は、加圧流体の漏洩に起因する不十分な膨張やロックボルトとしての要求強度不足の原因である。

#### 発明の開示

本発明は、高張力鋼板を素材に使用することにより、薄くても十分な強度が確保され、成形過程，両端部の縮管過程，加圧膨張過程で導入される歪みに起因する割れが抑えられ、しかも加圧・膨張時に比較的低い圧力で膨張変形が開始し膨張変形完了までの時間が短縮され、信頼性の高い高耐力鋼管製ロックボルトを提供することを目的とする。

本発明の高耐力鋼管製ロックボルトは、引張強さ：490～640N/mm<sup>2</sup>，伸び：20%以上，板厚：1.8～2.3mm の高張力鋼板を素材とし、単数又は複数の凹部が管軸方向に延びている異形管で膨張型のロックボルト本体が構成されていることを特徴とする。異形管は、好ましくは引張強さ：530～690N/mm<sup>2</sup>，伸び：20%以上の機械的特性をもつ。

素材としては、亜鉛めっき層，亜鉛-アルミニウム合金めっき層又は亜鉛-アルミニウム-マグネシウム合金めっき層が形成された高張力鋼板を使用できる。

めっき層はロール成形後の異形管表面にも存在し、岩盤又は地盤に打設したロックボルトを腐食性雰囲気から保護する。

この高耐力鋼管製ロックボルトは、次の工程を経て製造される。

- (1) 引張強さ：490～640N/mm<sup>2</sup>、伸び：20%以上、板厚：1.8～2.3mm の高張力鋼板を外径：50～55mm の溶接鋼管に造管する工程
- (2) 溶接鋼管をロール成形し、単数又は複数の凹部が管軸方向に延びている外径：34.0～38.0mm の異形管を作製する工程
- (3) 異形管を所定の長さに切断する工程
- (4) 異形管の切断端部を縮径加工する工程
- (5) 挿入側、加圧流体圧入側共に異形管の管端にスリーブを被せて封止する工程
- (6) 加圧流体圧入側のスリーブに、異形管内部に達する加圧流体圧入孔を穿孔する工程

#### 図面の簡単な説明

- 図 1 は、鋼管製ロックボルトを膨張させて地盤を補強する説明図
- 図 2 A は、ボルト挿入孔に挿し込まれた未膨張の鋼管製ロックボルトの断面図
- 図 2 B は、膨張過程にある鋼管製ロックボルトに加わる圧力の説明図
- 図 2 C は、膨張完了後の鋼管製ロックボルトに加わる圧力の説明図
- 図 3 は、ハイドロポンプの性能を示すグラフ
- 図 4 は、異形管製造時の断面の形状変化を説明する図
- 図 5 は、異形管製造時の第一工程で使用するロール形状の説明図
- 図 6 は、同じく第二工程で使用するロール形状の説明図
- 図 7 は、同じく第三工程で使用するロール形状の説明図
- 図 8 は、同じく第四工程で使用するロール形状の説明図

#### 発明を実施するための最良の形態

本発明の高耐力鋼管製ロックボルトは、高張力鋼を素材にしているので、従来よりも薄い鋼板を使用できる。薄鋼板から作製されたロックボルトは、外径寸法が同じ従来のロックボルトと比較すると、異形部を構成する湾曲部分で肉厚方向

中心部の最小曲げ半径が大きい。素材板厚が薄いほど異形管への変形加工時やロックボルトの加圧・膨張時に導入される歪みが少ないので、累積歪みも少なく、加圧・膨張時の割れを回避できる。その結果、信頼性の高いロックボルトが得られる。薄鋼板の使用が可能なのは、同じ外径寸法を維持したままロックボルト

5 5 が軽量化されることを意味し、施工現場での取扱い性、作業性が向上する。

薄肉のロックボルトほど、付加水圧が低い段階で異形管凹部の膨出変形が開始される。膨出変形開始後にも低い水圧で変形が進行するため、高圧ポンプの負荷が軽減され、比較的低い吐出圧でより多量の高圧水を吐出・供給でき、結果的に加圧・膨張に要する時間が短縮される。この点でも薄鋼板を素材に使用すること

10 10 は有利であり、作業性の飛躍的な向上につながる。

たとえば、現場施工で 170kN の耐力を得るため、引張強さ：300N/mm<sup>2</sup> 級で伸び：35%程度、板厚：3mm の鋼板から造管した外径：54mm の鋼管を外径：36mm に異形変形することにより、引張強さ：400N/mm<sup>2</sup> の異形管がロックボルトに從來から使用されている。

15 15 耐力：170kN 級のロックボルトの素材に高張力鋼の薄板を使用すると、加圧・膨張時の割れ発生が抑制され、信頼性の高い高耐力鋼管製ロックボルトが得られる。具体的には、引張強さ：490～640N/mm<sup>2</sup>、伸び：20%以上の高張力鋼板を素材に使用すると、1.8～2.3mm 程度の板厚であっても、外径：54mm の丸パイプを異形変形加工して得られる外径：36mm 程度の異形管は 530～690N/mm<sup>2</sup> の引張強さをもつ。そのため、異形管をロックボルトに作り込んで岩盤に

20 20 設けたボルト挿入孔に挿し込み、加圧・膨張によって岩盤に固結させるとき、170kN 級の耐力が得られる。

薄い素材鋼板が使用可能なことは、異形管製造時に曲げ変形を受ける部位の曲げ半径を比較的大きく設定できることを意味する。たとえば、外径：54mm の

25 25 丸パイプを図 2A の断面形状をもつ異形管に変形加工して外側曲げ半径：5mm の曲げ部（凹部 4）を成形するとき、肉厚：3mm の丸パイプから得られる異形管では内側曲げ半径が 2mm になるが、肉厚：2mm の丸パイプから得られる異形管では内側曲げ半径が 3mm になる。このように、溶接鋼管の肉厚（換言すれば、素材鋼板の板厚）が小さいほど曲げ半径が大きくなり、異形変形時の累積歪

み量が減少する。その結果、割れ発生に至る限界累積歪みまでの許容歪み量が大きく、加圧・膨張時にバースト（破裂）の虞が低下する。

効果的な累積歪み量の減少を図るため、素材鋼板の板厚を 1.8～2.3mm の範囲に選定している。2.3mm を超える板厚では、異形管製造時に曲げ半径を大きくする効果が得られがたい。逆に板厚が 1.8mm 未満の素材鋼板から 170kN 級の耐力をもつロックボルトを得るためには、引張強さが  $640\text{N/mm}^2$  を超える高張力鋼を必要とする。このような高張力鋼では、異形管製造時に必要な伸びを確保できず、外径：50～55mm 程度の溶接鋼管から膨張型のロックボルトに必要な異形管を製造することが極めて困難である。また、 $490\text{N/mm}^2$  未満の引張強さでは、外径：50～55mm 程度の丸パイプから耐力：170kN 級のロックボルトを得がたい。伸びに関しても、加圧・膨張時に異形管のバーストを防止する上で 20%以上が必要である。

膨張型の鋼管製ロックボルトは、たとえば図 2A に示す異形断面形状の異形管を備え、異形管内部に加圧流体を圧入して凹部 4 を反転・膨出させ、元の円形断面に戻すように加圧・膨張させるときに生じる鋼管と岩盤との固結力で岩盤を補強するロックボルトである。変形した異形管の肉厚が異なっていると、それぞれに形成されている凹部 4 の反転・膨出に必要な圧力も変わる。異形管の外径や各異形管に形成されている凹部 4 の形状がほぼ同じ場合、凹部 4 の反転・膨出に必要な圧力は、薄肉異形管よりも厚肉異形管の方が大きくなる。肉厚に応じた反転・膨出圧力の上昇は、折り畳まれた異形管の加圧・膨張による曲げ戻し変形に必要なモーメントが  $(t^2b/4) \times \sigma_e$  [ $t$ : 板厚,  $b$ : 板幅,  $\sigma_e$ : 降伏応力] で概算され、板厚  $t$  の二乗に比例して増加することで説明できる。

一般に、ハイドロポンプで容器内に流体を圧入し、容器内を所定圧まで昇圧するとき、容器内圧力が低い段階ではポンプからの流入量が多いが、容器内圧力が高くなるにつれ流入量が少なくなる。容器内圧力と流入量との関係から、異形管の凹部 4 が膨出を開始する圧力が低いことは、膨出開始以前の低圧段階で多量の流体が異形管内部に送り込まれることを意味する。逆に膨出開始圧力が高いと、異形管内部が次第に高圧になって流体流入量が漸減する結果、高圧に達するまでに流体供給の長時間継続を余儀なくされる。

具体的には、空気／水の断面積比が 65／1 のハイドロポンプを用い、圧力：0.6MPa の空気を供給した際の高圧水吐出量と吐出圧力との関係を図 3 に示す。図 3 の関係は、ロックボルト内が昇圧されるに伴い高圧水吐出量が漸減し、ロックボルト内圧力が 7MPa に達した段階で吐出量が 10.6L／分まで減少することを示している。

仮に肉厚：2mm の異形管に設けた凹部 4 の膨出開始に必要な圧力を 7MPa、肉厚：3mm の異形管に設けた凹部 4 の膨出開始に必要な圧力を 17MPa とし、供給空気圧：0.6MPa でロックボルトを加圧・膨張するとき、ロックボルト内の圧力に応じて高圧水吐出量は次のように変化する。

- 10 肉厚：2mm の異形管は、圧力：7MPa で膨出が始まる。他方、肉厚：3mm の異形管は、圧力：7MPa で膨出開始せず、ロックボルト内圧力が 17MPa に達した時点で膨出し始める。圧力：17MPa では、吐出量が 7.2L／分まで少なくなっている。異形管凹部 4 が膨出し始めた後では、膨出開始圧力以下の加圧力で膨出変形が進行し、異形管の肉厚相違に拘わらず様な膨出形態をとる。地盤や
- 15 岩盤に穿たれたボルト挿入孔の内径に相当するまで異形管を膨張させた後、膨張した異形管でボルト挿入孔の内壁を押圧するのに必要な圧力が異形管に更に加えられる。

- 異形管の膨出変形に及ぼす肉厚の影響から、肉厚：2mm の異形管に比較して肉厚：3mm の異形管ではロックボルト内圧力を 7MPa から 17MPa まで高め、
- 20 吐出圧力：7MPa～17MPa に対応する吐出量で高圧水を供給し続けることが必要になり、その分だけハイドロポンプの作動時間が長くなる。更なる膨出変形の進行に必要な圧力も肉厚：2mm の異形管に比較して高く、吐出量が少ない領域での高圧水供給による異形管の膨出変形を続行することが要求される。すなわち、肉厚の異形管では、薄肉の異形管に比較して加圧・膨出にかかる時間が長くなる。
- 25 この点でも、高張力鋼板から作製された薄肉の異形管は、加圧・膨張が迅速に進行するロックボルトとして有利である。

高張力鋼の薄板を素材とするロックボルトは、次の工程で製造される。

所定の機械的特性をもつ板厚：1.8～2.3mm の高張力鋼板を用い、通常の造管法で外径：50～55mm 程度の溶接鋼管を製造する。造管法としては、高周波溶



接、レーザ溶接、TIG 溶接等を採用できる。溶接鋼管をロール成形することにより、円周部、円周部に続く凹部 4 で外周が区画される凹型断面形状をもつ外径：34～38mm の異形管を製造する。

- 溶接鋼管から異形管への変形加工には特開 2003-145216 号公報で紹介したロール成形法が好ましいが、ロール成形に限らず押出成形、プレス成形等によっても同様な異形管を製造できる。

ロール成形法では、断面形状を図 4 に示すように変形させながら異形管を製造する。

- 10 先ず、高周波溶接法等で造管された丸パイプ状の溶接鋼管（図 4 a）を用意し、第一工程で、異形管凹部の周方向長さ及び凹部以外の周方向長さにほぼ適合するように円弧の半径及び角度を設定した大小二種類の凸曲面  $F_{11}$ 、 $F_{21}$  をもつ断面形状  $C_1$ （図 4 b）にロール成形する。第一工程では、曲率半径が異なる凹クラウンを付けた一对の成形ロール 11、12（図 5）を備えたロールスタンドが使用される。曲率半径を順次大きくした複数対の成形ロールを備えた多段のロールスタンドも使用できる。

成形ロール 11、12 の間に丸パイプ状の溶接鋼管  $M$  を通すと、凹クラウンの曲率半径が溶接鋼管  $M$  に転写され、丸断面  $C_0$ （図 4 a）が曲率半径の大きな凸曲面  $F_{11}$  及び曲率半径の小さな凸曲面  $F_{21}$  で構成される断面形状  $C_1$ （図 4 b）になる。

- 20 次いで、第二工程で、曲率半径の大きな凸曲面  $F_{11}$  の中央に円盤状ロールを押し当てて内側に窪ませる（図 4 c）。第二工程では、端面の曲率半径が小さな円盤状ロール 21 と、第一工程で使用した曲率半径の小さな成形ロール 12 の凹クラウン以下の曲率半径で凹クラウンを付けた成形ロール 22 を備えたロールスタンドが使用される（図 6）。第二工程でも、曲率半径を順次小さくした複数対の円盤状ロール、成形ロールを備えた多段のロールスタンドを使用できる。

25 曲率半径の大きな凸曲面  $F_{11}$  の中央に円盤状ロール 21 を押し当てながら円盤状ロール 21、成形ロール 22 の間に溶接鋼管  $M$  を通すと、凸曲面  $F_{11}$  の中央が半径方向内側に窪み、樋状の湾曲面  $F_{12}$  が管軸方向に延びた断面形状  $C_2$ （図 4 c）に成形される。管外形を構成する凸曲面  $F_{22}$  は、溶接鋼管  $M$  の当初径にほぼ

等しい曲率半径を維持している。

岩盤や地盤に穿たれたボルト挿入孔の内径は、膨張した異形管を押し当ててボルト挿入孔の内壁を加圧することから、異形管の外径よりも大きい溶接鋼管 M の外径よりも小さくなっている。そこで、第三工程で、断面形状 C<sub>2</sub> を小径の断面形状にする。第三工程では、溶接鋼管 M の当初径よりも小さな曲率半径で凹クラウンを付けた一対の成形ロール 31, 32 (図 7) を備えたロールスタンドを使用する。第三工程でも、曲率半径を順次小さくした複数対の成形ロールを備えた多段のロールスタンドを使用できる。

断面形状 C<sub>2</sub> の管材を成形ロール 31, 32 の間に通すと、成形ロール 31, 32 の凹クラウンに応じて凸曲面 F<sub>22</sub> が開口部 o を狭めるように湾曲し、曲率半径の小さな円周曲面 F<sub>23</sub> (図 4 d) に成形される。凸曲面 F<sub>22</sub> の湾曲変形に伴い、槌状の湾曲面 F<sub>12</sub> も曲率半径の小さな湾曲面 F<sub>13</sub> になる。第三工程では、第一工程の成形ロール 11, 12, 第二工程の円盤状ロール 21, 成形ロール 22 に対する溶接鋼管 M の相対的位置関係から溶接鋼管 M を断面方向に 90 度回転させ、成形ロール 31, 32 の間に開口部 o, 溶接部 w を位置させることが好ましい。90 度回転した位置関係により、凸曲面 F<sub>22</sub> に働く成形ロール 31, 32 の押圧力が均一化し、曲率半径が均一な湾曲面 F<sub>13</sub>, 円周曲面 F<sub>23</sub> をもつ断面形状 C<sub>3</sub> (図 4 d) に成形される。

開口部 o が狭められた断面形状 C<sub>3</sub> は、更に第四工程でボルト挿入孔より小さな外径の断面形状 C<sub>4</sub> に整形される。第四工程では、小径の断面形状 C<sub>4</sub> に成形することから、好ましくは一対の成形ロール 41, 42 の他に押えロール 43 を備えたロールスタンドが使用される。第四工程でも、同様な構成のロールスタンドを複数段配置し、多段階で断面形状 C<sub>3</sub> を小径の断面形状 C<sub>4</sub> に成形しても良い。

押えロール 43 で円周曲面 F<sub>23</sub> の中央部を押えながら成形ロール 41, 42 で凸曲面 F<sub>22</sub> に押圧力を加えるため、加工されている溶接鋼管 M の位置が安定化し、凸曲面 F<sub>22</sub> の均一な湾曲変形が進行する。湾曲化は、円周曲面 F<sub>23</sub> の開口部 o が接近し、外周曲面 F<sub>24</sub>, 内周曲面 F<sub>14</sub> で二重管に近い形状の断面形状 C<sub>4</sub> (図 4 e) に整形されるまで続けられる。縮径加工の進行中に円周曲面 F<sub>23</sub> がロールギャップからはみ出すことが押えロール 43 で規制されるため、扁平化すること

なく目標の小径断面形状  $C_4$  が得られる。

製造された異形管を所定長さに切断した後、両端を封止する。

封止側管端は、たとえば先端から軸方向長さ：80mm の管端部分を縮管金型で外径：32～34mm に縮管した後、外径：36～40mm，肉厚：2.0～3.0mm，長さ：60～80mm のスリーブを縮管部に被せ、管端の開口に管端封止用ポンチを5 挿入してポンチの口金に沿った密着扁平状態に管端を成形し、溶接封止される。

加圧流体圧入側の管端は、同様に先端から軸方向長さ：80mm の管端部分を縮管した後、外径：40～42mm，肉厚：3.5～4.5mm，長さ：60～80mm のスリーブを縮管部に被せ、管端の開口に管端封止用ポンチを圧入してポンチの口金に沿った密着扁平状態に管端を成形し、溶接封止される。加圧流体圧入側の管端に装着されるスリーブとしては、岩盤又は地盤に埋設したロックボルトの引抜試験時にロックボルトを確実にチャッキングするため環状凹溝を設けたスリーブが好ましい。

異形管の両端を封止した後、異形管内部に達する加圧流体圧入孔を加圧流体圧入側のスリーブに穿孔する。加圧流体圧入孔の位置は、スリーブの端部から若干離れた個所に設定される。

岩盤や地盤に打設されるロックボルトは、水分量、水質、通気量等に応じて酸性からアルカリ性まで種々の環境に曝される。かかる環境を考慮し、内外面にめっき層を設けためっき鋼管をロックボルトの素材に使用すると、岩盤や地盤中で  
20 の耐食性が向上し、耐久性に優れたロックボルトが得られる。めっき鋼管は、プレめっき、ポストめっきの何れでも製造できるが、めっき鋼板から造管されたプレめっき鋼管が生産性の面から好ましい。

めっきには、Zn 系めっき、Zn-Al 系合金めっき、Zn-Al-Mg 系合金めっき等がある。Zn 系めっきでは、0.1~0.2 質量%程度の Al を添加しためっき浴を用い、  
25 Fe-Zn 系合金層の成長を抑制して加工性を改善しためっき層が好ましい。Zn-Al 系合金めっきでは、同一厚みの Zn 系めっき層に比較して 2~4 倍の耐食性を示す Zn-5%Al、Zn-55%Al 等がある。更に耐食性に優れためっき層として Zn-Al-Mg 合金めっき層があり、硬質の Zn-Al-Mg 合金めっき層を形成すると、ロックボルトの搬送時や固い地盤に挿入したロックボルトを膨張拡張させる際、岩盤と

の接触や石等の飛散物による疵の発生が抑制される。錆発生の起点になる疵が少なくなるため、Zn-Al-Mg 合金めっき層の高耐食性と相俟って腐食環境下におけるロックボルトの耐久性、信頼性が向上する。

- 5 Zn-Al-Mg 合金めっき層は、高耐食性を付与し、しかも硬質めっき層であるため、Al-Zn 系めっき層に比較して 3~30 $\mu$ m と薄膜化できる。Zn-Al-Mg 合金めっき層は、Mg : 0.05~10 質量%, Al : 4~22 質量%を含み、必要に応じて、Ti : 0.001~0.1 質量%, B : 0.0005~0.045 質量%, 希土類元素, Y, Zr, Si 等の易酸化性元素少なくとも一種 : 0.005~2.0 質量%を含ませることもできる。

- 10 Mg は、めっき層の最表層に Mg を含む Zn 系腐食生成物を形成させ、めっき層中の Al と共に土壌環境下においてめっき層の腐食速度を減少させる。プレめっき鋼管を製造する際の溶接ビード部や切断端面にも腐食生成物の一部が流れ込み、ビード部や切断端面の腐食が抑制される。更に、ビード部を補修溶射した場合、Mg 含有 Zn 系腐食生成物が溶射層上又は溶射層上の腐食生成物中に流れ込み、下地の鋼素地を保護する。めっき層中に Zn-Mg 系の金属間化合物を形成させてめっき層を硬質化する上でも Mg は有効な成分である。このような効果を發揮させるため、Mg 含有量を 0.05~10 質量% (好ましくは、1~4 質量%) の範囲に調整する。

- めっき層中の Zn, Mg が Mg 含有 Zn 系腐食生成物を形成するのに対し、Al は固着性の極めて強い Zn-Al 系腐食生成物を形成し、耐食性の向上に寄与する。
- 20 Al 含有により Zn/Al/Zn<sub>2</sub>Mg 三元共晶がめっき層の凝固組織に出現する。Zn/Al/Zn<sub>2</sub>Mg 三元共晶組織は、Zn/Zn<sub>2</sub>Mg 二元共晶組織より組織が微細であり、耐食性向上めっき層の硬質化に有効である。固着性の強い Zn-Al 系腐食生成物を形成し、Zn/Al/Zn<sub>2</sub>Mg 三元共晶組織を形成させるため、4 質量%以上の Al 含有量が必要である。しかし、Al 含有量の増加に応じてめっき金属の融点が上昇し、プレめっき鋼管の素材 (めっき鋼板) を製造する際にめっき浴を高温に保持することが必要になり素材の生産性も悪くなるので、Al 含有量の上限を
- 25 22 質量%とする。

任意成分である Ti, B を添加すると、表面外観を害する Zn<sub>11</sub>Mg<sub>2</sub> 相の生成が抑制され、めっき層中に晶出する Zn-Mg 系金属間化合物が実質的に Zn<sub>2</sub>Mg の

みになる。具体的には、Ti：0.001 質量%以上（好ましくは、0.002 質量%以上）で  $\text{Zn}_{11}\text{Mg}_2$  相の生成を効果的に抑制される。しかし、0.1 質量%を超える過剰量の Ti が含まれると、めっき層中に Ti-Al 系析出物が成長し、めっき層に凹凸（ブツ）が生じ、外観が損なわれる。

- 5       $\text{Zn}_{11}\text{Mg}_2$  相の生成抑制は、0.0005 質量%以上（好ましくは、0.001 質量%以上）の B 含有によっても達成される。しかし、0.045 質量%を超える過剰量の B 含有では、めっき層中に Ti-B 系析出物、Al-B 系析出物が成長し、めっき層に凹凸（ブツ）が生じ、外観を損ねるようになる。

- 比較的多量の Al, Mg を含む溶融 Zn-Al-Mg 系合金めっき鋼管製のロックボルトでは、Zn-Al-Mg 系合金めっき成分系に特有の表面光沢劣化現象が生じやすい。表面光沢劣化現象は、めっき層表面が製造直後の美しい金属光沢から灰色に経時変化する現象であり、ロックボルトの商品価値を下げる。易酸化性元素である希土類元素、Y, Zr, Si の少なくとも一種を 0.005 質量%以上添加することにより、表面光沢劣化現象を抑制できる。しかし、過剰添加しても増量に見合った改善効果
- 10      15      15      果が得られないので、希土類元素、Y, Zr, Si 等の添加量上限は 2.0 質量%とする。

- Zn-Al-Mg 合金めっき層は、Al 含有量が多くなるほどめっき層/下地鋼の界面に Fe-Al 系金属間化合物が局部的に生成しやすくなる。Fe-Al 系金属間化合物は、めっき鋼板やめっき鋼管の成形加工時にめっき層剥離を誘発させる。加工性に有害な Fe-Al 系金属間化合物の生成は、微量の Si をめっき層に含ませることにより抑制できる。
- 20

#### 実施例

- 引張強さ：490N/mm<sup>2</sup>、伸び：28%、板厚：2.1mm の高張力鋼板を外径：54mm の溶接鋼管に造管した。溶接鋼管をロール成形し、凹部 4 が管軸方向に延びた断面形状（図 2 A）をもつ外径：36mm の異形管を製造した。得られた異形管は、引張強さが 550N/mm<sup>2</sup> であった。
- 25

異形管を長さ：4m に切断し、両方の切断端面から長さ：75mm の管端部を外径：33.1mm に縮管加工した。一方の縮管部に内径：33.1mm、外径：38.1mm、

肉厚：2.5mm，長さ：70mm のスリーブを装着し、管端を溶接封止した。加圧流体圧入側となる他方の縮管部に内径：33.1mm，外径：41.1mm，肉厚：4.0mm，長さ：70mm のスリーブを装着し、管端を溶接封止した。

- 管端を封止した後、異形管内部に達する孔径：3.0mm の加圧流体圧入孔を加  
5 圧流体圧入側スリーブの側面に穿孔した。

比較のため、引張強さ：300N/mm<sup>2</sup>，伸び：35%，板厚：3.0mm の鋼板を外径：54mm の溶接鋼管に造管し、同様な条件下で外径：36mm の異形管を用いたロックボルトを製造した。

- 本発明例，比較例のロックボルトそれぞれに加圧・膨張用シールヘッドを被せ、  
10 ハイドロポンプから高圧水を異形管内部に圧入して加圧・膨張させることにより膨張時の変形状態を調査した。

- 本発明例のロックボルトでは、内部の水圧が 7MPa に達した時点で凹部 4  
(図 2 A) の膨出変形が始まった。膨出変形開始後、水圧：5MPa で膨出変形が継続した。膨出変形が進行している間は、5MPa の水圧下で高圧水が流量 11.3L  
15 /分で異形管内部に送り込まれ、31 秒で異形管の膨出変形が完了した。

比較例のロックボルトでは、水圧：7MPa では凹部 4 が膨出せず、水圧が 17MPa に達したとき膨出変形が始まった。膨出変形の継続に必要な水圧は、10MPa であった。水圧：10MPa での高圧水供給量は 9.6L/分と少なく、膨出変形の完了までに 41 秒かかった。

- 20 この対比から、本発明例のロックボルトを使用すると、所定の膨張状態を得るまでの加圧時間が従来品の約 3/4 に短縮できることが判る。加圧時間の短縮は、ロックボルトの打設本数が数百～数千にもなるトンネル等の岩盤補強工事にあつては、大幅な工期短縮をもたらす。しかも、比較的低い水圧で膨張状態が得られるため、使用するハイドロポンプの負荷も軽減される。

- 25 施工現場での打設を想定して加圧・膨張させたロックボルトを引抜試験したところ、本発明のロックボルトは耐力：170kN 級を十分に満足していた。また、本発明例のロックボルトは、比較例のロックボルトよりも薄肉のため約 30%軽量化されており、施工現場への運搬や施工現場での取扱いが容易になる。しかも、異形管の累積歪みが少ないため、加圧・膨張時の歪み導入に起因するバーストも

抑制され、ロックボルト打設作業の安全性も向上する。

## 請求の範囲

1. 引張強さ：490～640N/mm<sup>2</sup>，伸び：20%以上，板厚：1.8～2.3mm の高張力鋼板を素材とし、単数又は複数の凹部が管軸方向に延びている異形管で膨張型のロックボルト本体が構成されていることを特徴とする高耐力鋼管製ロックボルト。
2. 亜鉛めっき層，亜鉛-アルミニウム合金めっき層又は亜鉛-アルミニウム-マグネシウム合金めっき層が異形管に設けられている請求項1記載の高耐力鋼管製ロックボルト。
3. 異形管の引張強さが 530～690N/mm<sup>2</sup>，伸びが 20%以上である請求項1記載の高耐力鋼管製ロックボルト。
4. 工程(1)～(6)を包含する高耐力鋼管製ロックボルトの製造方法。
  - (1) 引張強さ：490～640N/mm<sup>2</sup>，伸び：20%以上，板厚：1.8～2.3mm の高張力鋼板を外径：50～55mm の溶接鋼管に造管する工程
  - (2) 溶接鋼管をロール成形し、単数又は複数の凹部が管軸方向に延びた外径：34.0～38.0mm の異形管を作製する工程
  - (3) 異形管を所定の長さに切断する工程
  - (4) 異形管の切断端部を縮径加工する工程
  - (5) 挿入側，加圧流体圧入側共に異形管の管端にスリーブを被せて封止する工程
  - (6) 加圧流体圧入側のスリーブに、異形管内部に達する加圧流体圧入孔を穿孔する工程



FIG.1

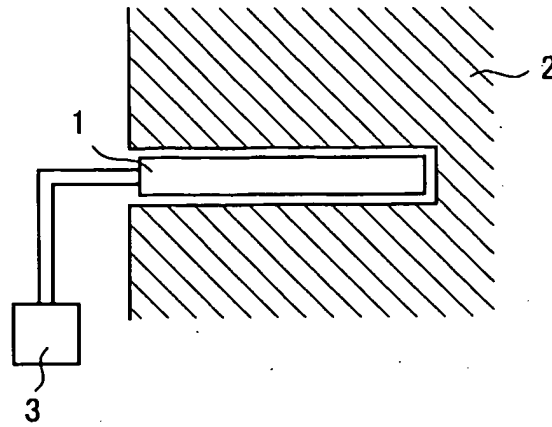


FIG.2A

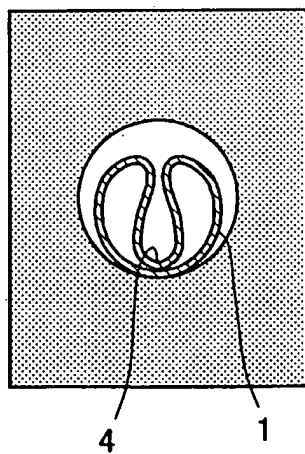


FIG.2B

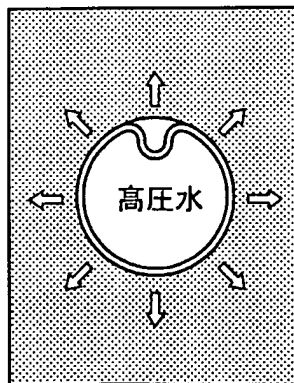


FIG.2C

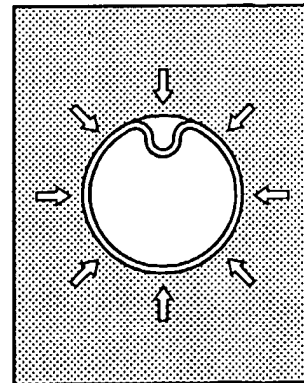


FIG.3

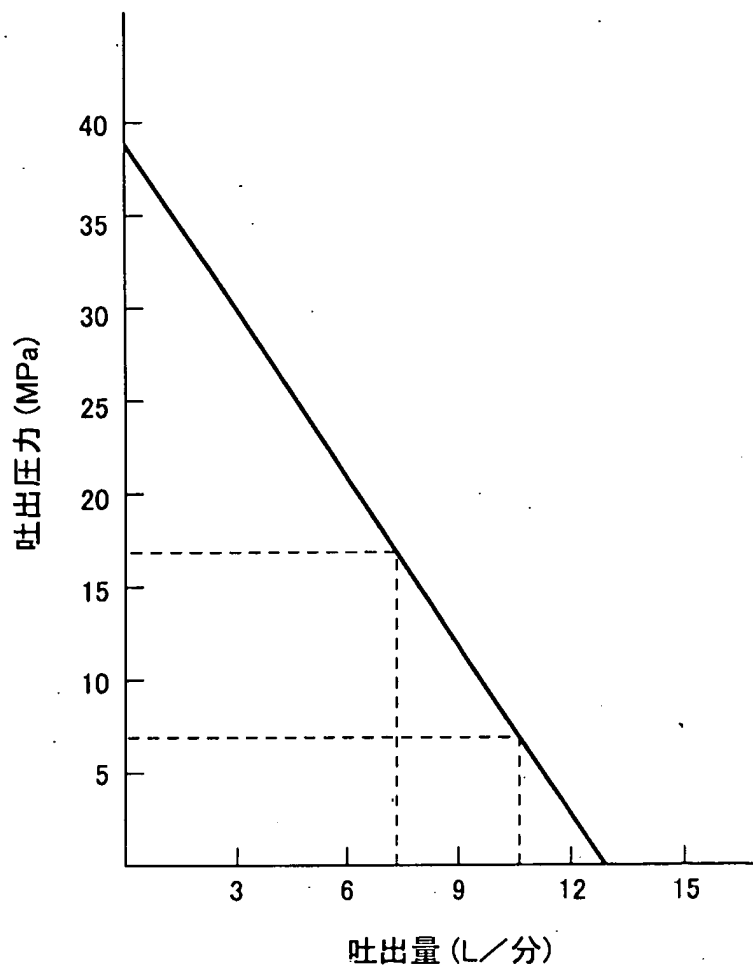


FIG.4

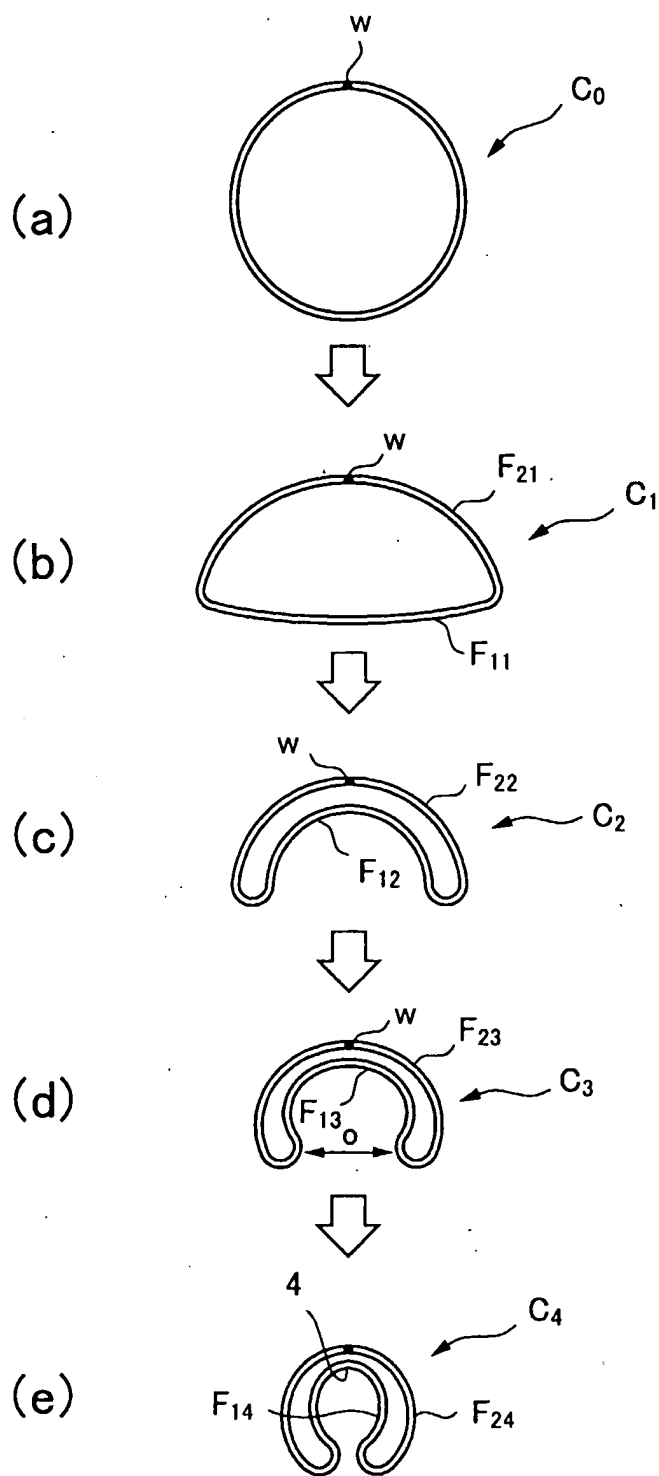


FIG.5

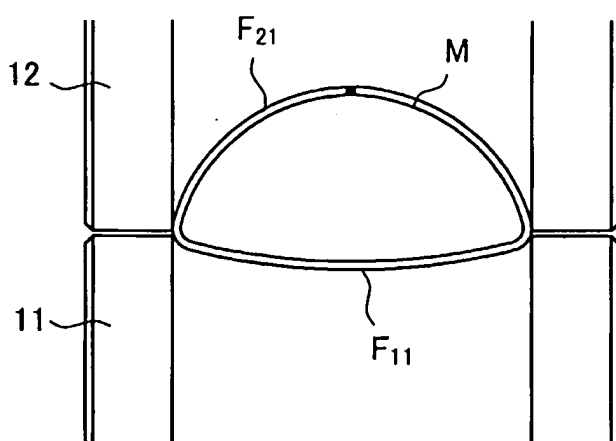


FIG.6

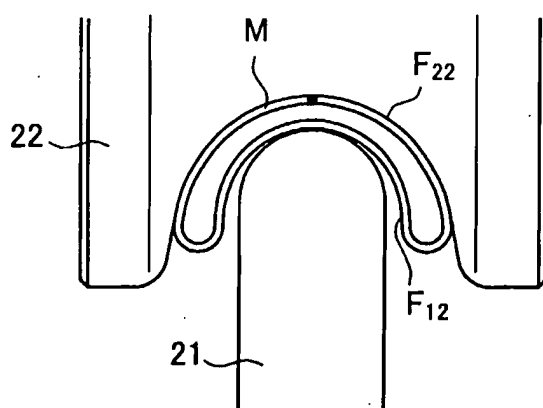


FIG.7

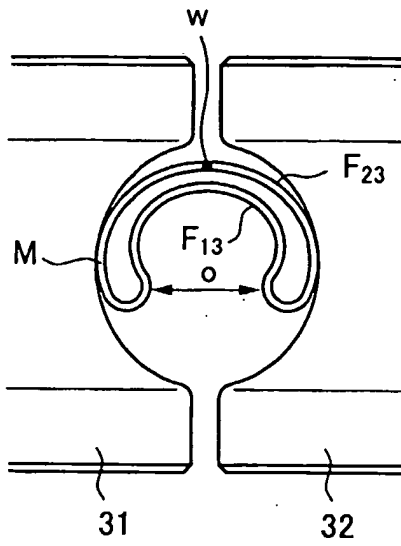
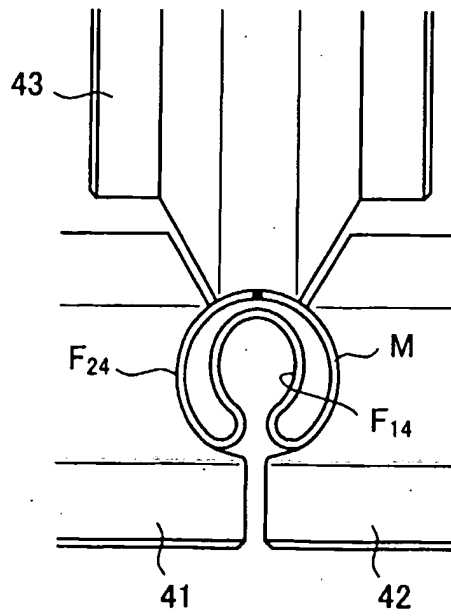


FIG.8



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011205

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> E21D20/00, C23C2/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> E21D20/00, C23C2/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-206698 A (Nisshin Steel Co., Ltd.), 25 July, 2003 (25.07.03), Full text; Figs. 3 to 6 (Family: none)	1-4
A	JP 07-189598 A (Kabushiki Kaisha KFC), 28 July, 1995 (28.07.95), Full text; Figs. 1, 2 (Family: none)	1-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
02 November, 2004 (02.11.04)

Date of mailing of the international search report  
22 November, 2004 (22.11.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011205

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 75123/1987 (Laid-open No. 185900/1988) (Yoshiki FUNAKOSHI), 29 November, 1988 (29.11.88), Full text; Fig. 8 (Family: none)	1-4
A	JP 64-043700 A (Sato Kogyo Co., Ltd.), 15 February, 1989 (15.02.89), Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl <sup>7</sup> E21D20/00, C23C2/06			
B. 調査を行った分野			
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl <sup>7</sup> E21D20/00, C23C2/06			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの			
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2004年 日本国実用新案登録公報 1996-2004年 日本国登録実用新案公報 1994-2004年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
A	JP 2003-206698 A (日新製鋼株式会社) 2003. 07. 25, 全文, 図3-6 (ファミリーなし)	1-4	
A	JP 07-189598 A (株式会社ケー・エフ・シー) 1995. 07. 28, 全文, 図1, 2 (ファミリーなし)	1-4	
A	日本国実用新案登録出願62-75123号 (日本国実用新案登録 出願公開63-185900号) の願書に添付した明細書及び図面 の内容を記録したマイクロフィルム (船越善己) 1988. 11. 29, 全文, 第8図 (ファミリーなし)	1-4	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願			
国際調査を完了した日 02. 11. 2004		国際調査報告の発送日 22.11.2004	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 西田 秀彦	2D 3201
		電話番号 03-3581-1101 内線 3241	



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 64-043700 A (佐藤工業株式会社) 1989. 02. 15, 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	1-4